



IVAN OLIVEIRA DE SOUZA

**EFICIÊNCIA DE PÓS INERTES À BASE DE TERRA
DIATOMÁCEA, PÓ DE BASALTO E ÁCIDO
MONOSSILÍCICO NO CONTROLE DE *Sitophilus zeamais*
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM GRÃOS DE MILHO
ARMAZENADO**

LAVRAS-MG

2019

IVAN OLIVEIRA DE SOUZA

**EFICIÊNCIA DE PÓS INERTES À BASE DE TERRA DIATOMÁCEA, PÓ DE
BASALTO E ÁCIDO MONOSSILÍCICO NO CONTROLE DE *Sitophilus zeamais*
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade
Federal de Lavras - UFLA como
parte das exigências do Curso de
Agronomia para obtenção do título
de Bacharel.

Orientador

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza

LAVRAS-MG

2019

AGRADECIMENTOS

Finalizando uma das etapas mais importantes da minha vida, o sentimento que mais se adequa ao momento é o de agradecimento, a Deus em primeiro lugar pelo dom da vida. Aos meus pais Clenes Vaneli e Mauro Joaquim, a minha irmã Celeste Oliveira e familiares que estiveram ao meu lado em todas as horas, meus amigos e professores, enfim, todos que torceram por essa vitória.

Trilhei por vários caminhos na Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Solos, Departamento de Fitopatologia – Laboratório de Nematologia, núcleo de estudo PósCafé, entre outros. Aprendi muito em cada lugar que passei, conheci pessoas e o mais importante é que todos tem uma parcela do que sou hoje.

Em especial ao professor/orientador Bruno Henrique Sardinha de Souza e ao Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas que me acolheram para finalizar toda essa jornada acadêmica. Aos conselhos, a confiança e todo apoio que recebi durante a realização do trabalho.

Queria agradecer também a todos os amigos da República Rancho 51, que sem dúvidas nenhuma, agregou muito no meu crescimento pessoal. Todas as pessoas que de alguma forma estiveram presentes e contribuíram para que a realização do meu sonho tenha se dado de forma tão prazerosa.

RESUMO

As pragas de armazenamento causam grandes prejuízos aos produtos agrícolas, danos quantitativos e qualitativos. Grãos e sementes de milho (*Zea mays*) armazenado podem sofrer perdas diretas e indiretas devido ao ataque de insetos-praga. O gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) é considerado uma das principais pragas de milho armazenado. Ainda há poucas alternativas de controle ao método químico, que é utilizado em fumigação ou pulverização. Um dos únicos produtos registrados é a terra diatomácea, que é um pó derivado de carapaças de algas diatomáceas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da terra diatomácea (TD), pó de basalto (PB) e ácido monossilícico (SI), todos os produtos naturais à base de Si, no controle de *S. zeamais* em relação ao tempo de exposição em milho armazenado. O experimento foi no Laboratório de Resistência de Plantas e MIP da UFLA, em Lavras, MG. Foram avaliados 10 tratamentos, compostos pelos 3 produtos em 3 concentrações (50, 100 e 150% da dose recomendada para TD), e mais um tratamento testemunha (sem aplicação). As parcelas experimentais foram constituídas por recipientes plásticos transparentes contendo 10 g de grãos de milho e 20 adultos não sexados de *S. zeamais*, em delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. Os tratamentos a base de SI nas dosagens 100, 150 obteve resultados bem significativos no controle de *S. zeamais* em relação aos outros produtos e em relação ao tempo. Seguido de SI50 os tratamentos a base de TD foram eficientes em relação aos produtos, mas dentre os tratamentos a base de terra diatomácea somente TD 150 foi eficiente em relação ao tempo de exposição. Os tratamentos a base de pó de basalto não foram eficientes no controle de *S. zeamais* em relação aos outros produtos e ao tempo de exposição. Foi observado um ganho na mortalidade em decorrência dos dias de exposição dos insetos aos pós inertes. Os melhores tratamentos foram SI100, SI150, SI50 e TD150, todos obtiveram eficiência no controle dos insetos em relação ao tempo.

Palavras-chave: gorgulho-do-milho; pragas de grãos armazenados; *Zea mays*

Abstract

Storage pests cause major damage to agricultural products, quantitative and qualitative damage. Grains and seeds of stored corn (*Zea mays*) can suffer direct and indirect losses due to pest insect attack. *Sitophilus zeamais* weevil (Coleoptera: Curculionidae) is considered one of the main stored corn pests. There are still few control alternatives to the chemical method, which is used in fumigation or spraying. One of the only products registered is diatomaceous earth, which is a powder derived from diatom algae carapaces. Thus, the objective of this work was to evaluate the effects of diatomaceous earth (TD), basalt dust (PB) and monosilicic acid (SI), all Si-based natural products, on *S. zeamais* control over exposure in stored corn. The experiment was carried out at the UFLA Plant Resistance and MIP Laboratory in Lavras, MG. We evaluated 10 treatments, composed of the 3 products in 3 concentrations (50, 100 and 150% of the recommended dose for DT), and one more control treatment (without application). The experimental plots consisted of transparent plastic containers containing 10 g of maize grains and 20 non-sexed adults of *S. zeamais*, in a completely randomized design and four replications. SI based treatments at dosages 100, 150 obtained very significant results in the control of *S. zeamais* in relation to the other products and in relation to time. Followed by SI50 the TD-based treatments were efficient in relation to the products, but among the diatom-based treatments only TD 150 was efficient in relation to the exposure time. Basalt powder treatments were not efficient in controlling *S. zeamais* in relation to other products and exposure time. Mortality gain was observed due to insect exposure days to inert powders. The best treatments were SI100, SI150, SI50 and TD150, all obtained efficiency in insect control over time.

Keywords: corn weevil; stored grain pests; *Zea mays*

SUMÁRIO

| | |
|--|------------|
| 1. INTRODUÇÃO | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 8 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 8 |
| 3.1. Milho..... | 8 |
| 3.2 Gorgulho-do-Milho | 10 |
| 3.3. Produtos naturais a base de Silício | 11 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 12 |
| 4.1. Condução do Experimento | 12 |
| 4.2. Ensaio dos produtos naturais à base de Si, no controle de <i>Sitophilus zeamais</i> | 144 |
| 4.3. Análise estatística | 16 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 5.1. Mortalidade de <i>Sitophilus zeamais</i> por produtos naturais a base de SiO₂ | 17 |
| 6. CONCLUSÕES..... | 21 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 22 |

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em várias regiões do mundo, é um dos cereais mais importantes produzidos devido a sua matéria prima ser fonte de diferentes produtos. É utilizado como alimentação direta e indireta, por consumo humano e alimentação animal, além do seu uso na indústria e geração de etanol. Assim, a cultura se destaca no cenário mundial, possuindo grande importância econômica e social. Na safra 2018/19, os EUA lideraram o ranking de maior produtor de milho com 366,3 milhões de toneladas, seguido pela China com 257,3 milhões de toneladas e em terceiro lugar o Brasil com aproximadamente 101 milhões de toneladas de milho (CONAB, 2019). Além disso, o Brasil se destaca entre os maiores consumidores e também como os maiores exportadores. Está alocado na quarta posição, atrás de EUA, China e União Européia com 65 milhões de toneladas em relação ao consumo e em segunda posição, atrás apenas de EUA, com 39 milhões de toneladas em relação ao montante exportado, (CONAB, 2019).

Nos últimos anos, as produções agrícolas de grãos vêm aumentando mundialmente, resultado do desenvolvimento e implantações de técnicas mais eficientes. No entanto, segundo FAO e Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, há aproximadamente 10% de perdas referentes a pragas no armazenamento. Segundo Lorini (2014) essas perdas pode ser quantitativas e qualitativas, podendo-se citar efeitos na saúde humana e animal, dificuldade de exportação, perda do peso, diminuindo lucros e outras consequências indesejáveis. Além das perdas pelas pragas, os grãos armazenados também podem apresentar deteriorações devido a outros fatores, bióticos e abióticos.

O popular gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) se destaca como uma praga de armazenamento. Segundo Faroni (1992) e Silveira et al. (2006) o inseto tem como principais características o elevado potencial biótico, ataque em grãos até mesmo no campo e de sobrevivência em unidade armazenadora sob grandes profundidades. Além dos danos diretos o gorgulho-do-milho pode ocasionar danos indiretos como abrir portas de entrada para fungos e microrganismos, podendo assim desencadear outros processos de deterioração, intensa atividade respiratória e até fermentação (LAZZARI, 1993). Dessa forma, torna-se indispensável a utilização de medidas protetivas, para evitar a infestação.

O controle da praga na unidade armazenadora pode ser feito através de fumigantes liquefeitos ou solidificados, exemplo a fosfina. Além da fosfina outros químicos são usados, como piretróides e organofosforados. No entanto o uso indiscriminado desses produtos

levaram a seleção de populações de insetos resistentes e à detecção de resíduos dos químicos em grãos, como descrito em Benhalima et al. (2004). Em contrapartida, a utilização de terra diatomácea, como um inseticida alternativo, é um grande aliado na forma de controlar sem desencadear problemas provocados pelos inseticidas químicos. A terra diatomácea é um pó inerte, proveniente de algas diatomáceas, que possuem naturalmente uma fina camada de sílica, podendo ser de origem marinha ou água doce (LORINI et al., 2001; 2003). Outros compostos minerais estão sendo estudados, e pode-se destacar o pó de basalto. Jairoce et al. (2016), observou que pós inertes oriundos do pó de basalto continham uma fração de dióxido de silício, proporcionando um efeito inseticida parecido com o da terra diatomácea. Em diferentes compostos, oriundos de minerais silicatados, destaca-se a sílica amorfa que também provoca uma mortalidade significativa nos insetos.

Diante do exposto e considerando a importância do uso de formas alternativas no controle de pragas de grãos armazenados, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes pós inertes na mortalidade de *S. zeamais* em grãos de milho.

2. OBJETIVOS

- a) Avaliar em laboratório a mortalidade de *S. zeamais* em grãos milho armazenado após o polvilhamento de terra diatomácea (TD), pó de basalto (PB) e ácido monossilícico (SI).
- b) Avaliar em laboratório a mortalidade de *S. zeamais* em função do tempo de exposição aos produtos terra diatomácea (TD), pó de basalto (PB) e ácido monossilícico (SI) em grãos de milho.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1. Milho

O milho (*zea mays L.*) é uma das culturas mais antigas do mundo. Muitas teorias tentam explicar onde é o centro de origem ou de qual descendente ela evoluiu. Com a descoberta de fósseis de milho, a teoria de Mangelsdorf, (1974) é bem aceita e diz que o milho se originou na América Central, onde hoje é o México. Naquela região, muitos povos indígenas e diferentes grupos étnicos cultivam desde a antiguidade muitas variedades crioulas, também conhecidas como variedades nativas, locais ou “landraces”, sendo parte da cultura tradicional de cada povo (PIPERNO; FLANNERY, 2001; BUCKLER, 2005).

O milho desde tempos remotos vem sendo selecionado e melhorado geneticamente, sendo consumido e cultivado em todos os continentes, devido a sua importância na alimentação animal, humana e industrial (BARAVIERA et al.,2014). A produção mundial é destinada em cerca de 70% para alimentação animal, podendo chegar em 85% em países desenvolvidos. Em termos gerais, apenas 15% de toda a produção mundial destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta (PAES, 2006). No Brasil, algumas regiões consomem mais o milho como alimento humano, mas no geral 4% do total da produção do milho é utilizado para esse fim. Além disso, 10% da produção é destinada às indústrias alimentícias, para transformação em amido, farinhas, canjica, flocos de milho e xaropes e outros produtos (PAES, 2006).

No Brasil, o milho é cultivado em várias condições ambientais, desde regiões frias até regiões quentes, com altitudes e latitudes baixas e altas, gerando potenciais de produtividade diferentes para cada região, Artuzo (2019). O cultivo brasileiro divide-se entre primeira e segunda safra, tornando-se um diferencial quando comparado com outros países. A safra de verão, considerada a principal, com plantio variando entre as regiões, mas, na época do verão. A safrinha ou segunda safra é realizada ente janeiro e abril, após a cultura de verão, que pode ser o próprio milho ou muitas das vezes a soja.

Com o aumento das tecnologias de cultivo e o aumento na produção de grãos em geral, cresceu também a demanda por lugares adequados para realizar o armazenamento desses produtos. No entanto alguns dados demonstram que os locais de estocagem não crescem no mesmo ritmo, gerando problemas durante o período de armazenamento (BARONI; BENEDETI, SEIDEL, 2017)

Os grãos geralmente são armazenados a granel, em silos ou graneleiros, podendo ser construções de madeira, alvenaria, concreto ou metal. Os fatores mais importantes durante o armazenamento são temperatura e umidade da semente, responsáveis por manter a qualidade dos grãos. É difícil manter o ambiente controlado, no entanto é imprescindível condições apropriadas. Altas temperaturas e umidades relativas altas causam danos, promove as atividades enzimáticas e aumentam a respiração dos grãos (TIMÓTEO;MARCOS FILHO, 2013; STEFANELLO et al., 2015)

Além das interferências que a temperatura e a umidade causam nos grãos, o ataque de pragas é uma das principais causas de perdas de grãos no armazenamento, principalmente no Brasil por conter regiões tropicais ou subtropicais. As principais pragas pertencem à ordem

dos Coleopteras e Lepidopteras, insetos que pode levar perda total em armazéns quando não controlado (PROCÓPIO ET AL., 2015).

3.2 Gorgulho-do-milho

O gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), é considerado uma praga primária e está entre as mais destrutivas pragas de grãos armazenados em todo o mundo. Pois causa severos danos, que geralmente iniciam-se nas lavouras, e resultando em produto contaminado no armazenamento (HILL, 1990; HAINES, 1991). Causa danos diretos nos grãos devido a alimentação de todo seu conteúdo (germe e endosperma), reduzindo seu peso e valor nutritivo. Além disso, ocasiona danos indiretos devido à entrada de microrganismos como fungos, o que proporciona menor vigor e capacidade de germinação (LAZZARI, 1997; LORINI; SCHNEIDER, 1994), seja em armazenamento ou campo. No armazenamento e no campo o *S. zeamais* apresenta elevado potencial de multiplicação e possui muitos hospedeiros, como trigo, arroz, milho, cevada e triticale (LORINI, 2008).

A diferenciação de outras espécies do gênero *Sitophilus* como *S. oryzae* (Linnaeus, 1763) é pela diferenciação da genitália (LORINI, 2008). De forma geral, os adultos de *S. zeamais* são castanhos escuros com manchas claras nos élitros, medindo de 2,0 a 3,5 mm. O rosto dos machos é mais curto e grosso que o das fêmeas, que são longos e afilados. Os dois sexos possuem a cabeça projetada a frente em forma de rosto (LORINI; SCHNEIDER, 1994; LOECK, 2002).

O ciclo biológico do *S. zeamais* começa através de um pequeno orifício na superfície do grão, as fêmeas perfuram com a mandíbula, onde deposita um ovo no seu interior, fechando o mesmo com uma secreção serosa (COTTON; WILBUR, 1974; EVANS, 1981). Cada fêmea pode ovopositar de 150 a 300 ovos, de cor branco leitosa, com tamanho de 0,76 x 0,27 mm (LECATO; FLAHERTY, 1974). A postura é inibida em grãos com umidade inferior a 12,5% e a faixa de temperatura ideal é de 15 a 30 ° C, (EVANS, 1981), sendo que a umidade ideal de armazenamento para o milho é de 14%. As fêmeas ovopositam até o final do seu ciclo. Nas condições ideais de temperatura e umidade relativa (entre 25 e 28 °C e 60 a 70%), a incubação do *S. zeamais* dura cerca de 6 dias. (EVANS, 1981)

Após a eclosão, a larva se alimenta do interior dos grãos e passa por 4 instares larvais dentro do próprio grão, com duração de cerca de 25 dias nas condições ideais de temperatura e umidade (25° C e 70% de UR). As larvas são ápodas, de coloração creme, do tipo curculioniforme com a cabeça de cor marrom-escura. Apresentam perfil dorsal semicircular,

perfil ventral quase retilíneo e os três primeiros segmentos abdominais com duas pregas ou sulcos transversais no dorso. A fase de pupa, também ocorre no interior dos grãos, culminando com a emergência do adulto no seu interior (LOECK, 2002). As pupas de *S. zeamais* são brancas (MOUND, 1989; GORDON BOOTH et al., 1990). Os adultos vivem de 4 a 12 meses e o ciclo evolutivo completa-se em 35 dias (HILL, 1990).

Entre as principais táticas de controle de *S. zeamais* no milho em condições de armazenamento estão o uso de terra de diatomácea em diferentes dosagens aplicadas em grãos de milho (MARSARO JUNIOR et al., 2007); o uso de inseticidas piretróides e organofosforados aplicados em grãos de milho (SILVA PEREIRA et al. 2006); uso de fosfina e uso de atmosfera modificada (CAMARGO CASELLA et al. 1998). No entanto, o constante uso de inseticidas pode causar intoxicação aos trabalhadores, levar à seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos, e causar contaminação dos grãos devido aos resíduos dos produtos (BENHALIMA et al., 2004).

3.3. Produtos naturais à base de Silício

Atualmente existe um número restrito de inseticidas registrados para o controle de pragas de armazenamento, pois o produto é fonte de alimentação direta de animais e até humana. Outro ponto é que nem todos os inseticidas são recomendados para todos os tipos de armazenamento que existe (LORINI & SCHNEIDER, 1994). Além desses problemas, houve um aumento nos casos de seleção de populações resistente à grupos químicos (BENHALIMA et al., 2004).

A Terra Diatomácea (TD) é um desses produtos que vem sendo largamente utilizado como agente de controle de insetos (CHIU, 1939). Esta informação pode ser confirmada em vários trabalhos (WHITE; LOSCHIAVO, 1989; ALDRYHIM, 1990; PERMUAL; LE PATOUREL, 1990; JAYAS et al., 1995). A TD é constituída, basicamente, de um agregado submicroscópico de cristais desordenados de sílica amorfa, resultante do acúmulo de carapaças de algas diatomáceas. Segundo SUBRAMANYAM e ROSELI (2006) a morte dos insetos pela TD é atribuída à dessecação provocada pela adsorção e abrasividade deste pó inerte que rompe a camada de cera da epicutícula dos insetos, fazendo com que eles percam água do corpo até morrerem. Além disso, a TD pode ser utilizada isoladamente ou associada com inseticidas convencionas (WRIGHT, 1991). Pontos que devem ser destacados na utilização do pó inerte: são menos tóxicos, não possibilita a seleção de resistência nos insetos, tem eficiência duradoura, não deixa resíduos nos grãos, baixa toxicidade para mamíferos

(DL50 de 3160 mg kg⁻¹), é reconhecido como seguro pelo *US Food and Drug Administration (FDA)* e registrado como aditivo alimentar (21CFR 182.90, 182.1711) e não é contaminante do meio ambiente (solo, água e ar) (JAYAS et al., 1995)

Estudos sobre o tempo de exposição do inseto ao pó inerte e a disponibilidade do alimento pode afetar a eficiência na mortalidade dos insetos (WHITE & LOSCHIAVO, 1989). Da mesma maneira, o tamanho e a forma das partículas é o mais importante fator na adesão do pó ao tegumento do inseto (ALEXANDER et al., 1944). Outros pós inertes estão sendo testados, pó de basalto (PB), pós de xisto, minerais silicatados e ácido monossilícico (SI).

O pó de basalto apresenta dióxido de silício em sua composição química, com porcentagens variáveis como visto no trabalho de Jairoce et al., (2016), que após análises chegou em 51 a 65% de SiO₂ no pó inerte utilizado em seus testes. Da mesma maneira que a terra diatomácea e os outros pós inertes, um fator muito importante na adesão dos produtos ao corpo do inseto é a granulometria e o tempo de exposição.

Já o ácido monossilícico é considerada uma sílica mesoporosa, incluindo as sílicas naturais e as sintéticas. A sílica é encontrada naturalmente em minerais como o quartzo e feldspato, em plantas como bambu, arroz e cevada, devido às gramíneas conseguirem absorver mais Si do solo. Após descobertas de sílica sintética com tamanho de partícula controlada, porosidade e estabilidade química, tornaram-se bem atrativa como base para várias aplicações em nanotecnologia, adsorção e catálise laboratoriais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Condução do experimento

O experimento foi conduzido entre março e abril de 2019, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Plantas do Departamento de Entomologia, em Lavras, Minas Gerais. As condições ambientais foram temperaturas de 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12h..

Os insetos utilizados no experimento foram provenientes de uma colônia de criação de laboratório, criados nas mesmas condições ambientais descritas acima. A criação foi mantida em vasilhames de vidro (3 L), utilizando grãos de milho convencional como alimento (Figura 1), obtidos no comércio local.



Figura 1. Vasilhame utilizado para a criação de *Sitophilus zeamais* em laboratório (Fonte: Marcos Vinícius de Oliveira Gonçalves).

O milho usado para o experimento é o milho híbrido SHS 4070 (Figura 2), obtido no comércio local, sendo um milho convencional utilizado na região, armazenado em ambiente climatizado no Laboratório de Resistência de Plantas e MIP do Departamento de Entomologia.



Figura 2. Milho utilizado no experimento de mortalidade de *Sitophilus zeamais* a pós inertes a base de Si, SHS 4070. (Fonte: Autor).

4.2. Ensaio dos produtos naturais à base de Si, no controle de *Sitophilus zeamais*

As parcelas experimentais foram constituídas por recipientes plásticos contendo 10 g de sementes do milho híbrido SHS 4070, as quais foram pesadas em balança analítica (Figura 3). Em seguida, insetos adultos recém-emergidos da criação de manutenção foram retirados com o auxílio de uma peneira, separados em uma bandeja, e 20 adultos não sexados foram transferidos para outro recipiente (Figura 4).

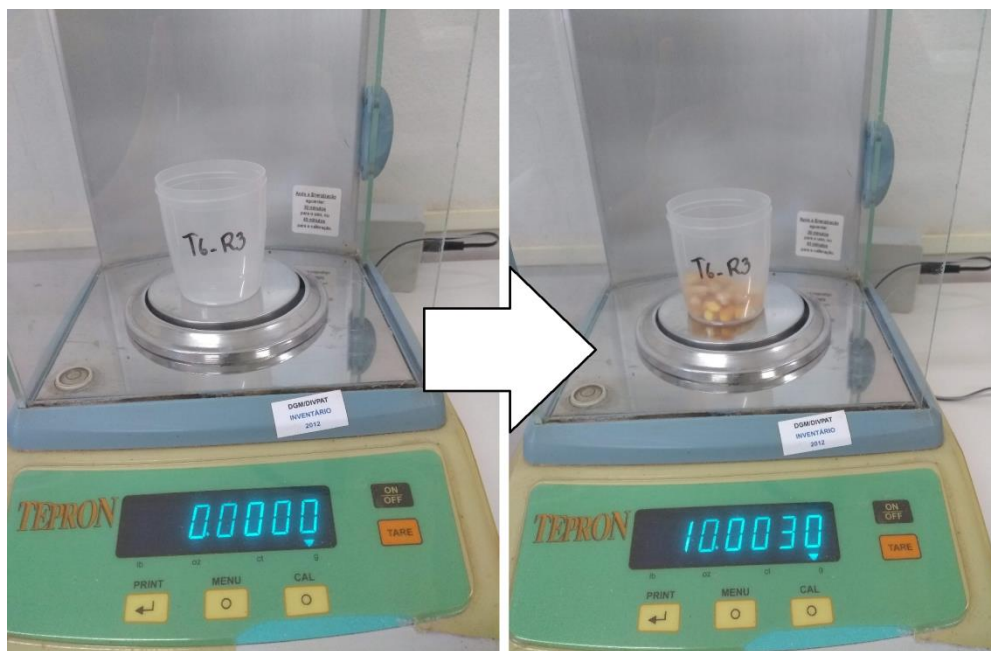


Figura 3. Pesagem de 10 g de sementes de milho SHS 4070 para avaliação da mortalidade de *Sitophilus zeamais*. (Fonte: Autor).



Figura 4. Contagem e separação nos recipientes dos 20 adultos de *Sitophilus zeamais* não sexados e as 10 g de milho SHS 4070 já pesados (Fonte: Autor).

Em seguida, os produtos a base de Si, terra diatomácea (TD), pó de basalto (PB) e ácido monossilícico (SI) foram pesados em balança analítica (Figura 5) em recipientes plásticos contendo as concentrações de (100, 150 e 50 % da dose recomendada pelo fabricante da TD). A recomendação do fabricante do produto TD é de 1 kg do produto para 1 ton de milho. Assim constituíram os nove tratamentos, com quatro repetições cada, em delineamento inteiramente casualizado. Além dos nove tratamentos, constituiu a testemunha, com as quatro repetições contendo 10 g de sementes por recipiente e os 20 adultos sem aplicação de nenhum produto.



Figura 5. Pesagem dos produtos naturais a base de Si (Fonte: Autor).

Após a pesagem dos produtos naturais, do milho e a contagem dos 20 adultos não sexados, foi dado início ao experimento. Primeiramente os 10 gramas de milho de cada recipiente foi translocado para o recipiente dos produtos naturais e suas respectivas concentrações, fechados e agitados, a fim de homogeneizar os grãos e o produto. Após esse processo foram colocados os insetos.

Os adultos de *S. zeamais* permaneceram nos recipientes durante 10 dias, período que ficaram confinados com intuito de se obter a interação dos produtos naturais à base de Si. Em seguida, iniciou-se o acompanhamento do ciclo biológico de *S. zeamais*, avaliando-se diariamente a mortalidade (Figura 6). Os adultos mortos eram retirados dos recipientes

diariamente até o fim do experimento. A mortalidade dos insetos foi avaliada através de observação durante 1 a 2 minutos e toques de pincel no corpo dos insetos, a fim de confirmar a não mobilidade e mortalidade dos mesmos.



Figura 6. Avaliação diária da mortalidade dos adultos de *Sitophilus zeamais*. (Fonte: Autor).

Ao fim das avaliações, os resultados foram tabulados e submetidos à análise estatística.

4.3. Análise estatística

Os dados obtidos dos bioensaios foram submetidos à análise de variância, com medidas repetidas no tempo e, quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Mortalidade de *S. zeamais* por produtos naturais a base de SiO₂

No geral todos os tratamentos tiveram resultado superior à testemunha ao final de 10 dias (Tabela 1). Ao quinto dia de exposição dos insetos aos tratamentos, observou uma diferença significativa apenas nos tratamentos SI100 e SI150 em relação aos demais. A partir do sétimo dia, todos os tratamentos a base de ácido monossilícico tiveram uma diferença entre os tratamentos, e dentro do tratamento a base de SI, SI100 e SI150 se diferenciou do SI50, tendo quase 100% de mortalidade (Figura 7). Um fator que pode explicar a eficiência em pouco tempo dos tratamentos SI, o fato da fonte ser puríssima. Foi observado, no tratamento SI, um poder de aderência e abrasividade maior que os outros tratamentos (Figura 8). Segundo Ebeling (1971), os insetos morrem após perderem 30% do peso total, ou 60% do teor de água e para Subramanyam e Roesli (2000), o dióxido de sílica é o responsável por adsorver as moléculas de cera na superfície do inseto, e como os tratamentos a base de SI, vem de uma fonte puríssima de dióxido de silício, o tempo em que os insetos precisam ficar expostos tornam-se menor.

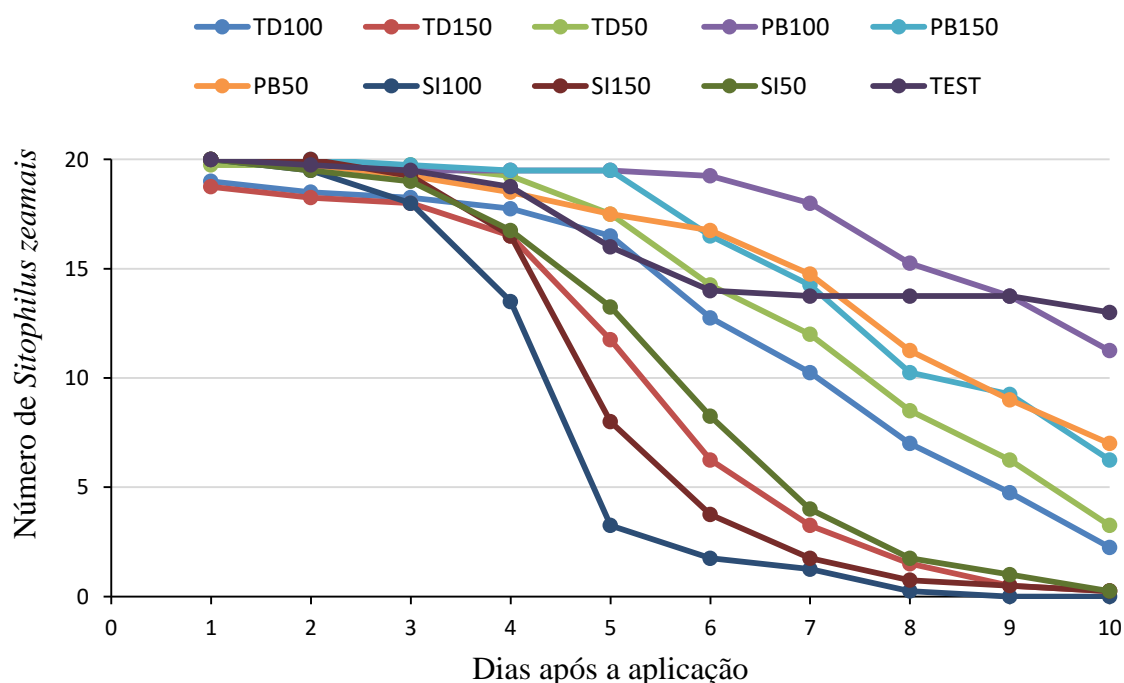


Figura 7. Número de adultos *Sitophilus zeamais* vivos após exposição aos tratamentos por 10 dias.

Tabela 1. Número de adultos de *Sitophilus zeamais* vivos após 5, 7 e 10 dias de exposição aos tratamentos.

| Tratamentos | 5DAA | 7DAA | 10DAA |
|-------------|------------------------------------|----------|----------|
| TD100 | 16,5 a ¹ A ² | 10,25 aB | 2,25 bC |
| TD150 | 11,75 abA | 3,25 abB | 0,25 bB |
| TD50 | 17,5 aA | 12,0 aB | 3,25 abC |
| PB100 | 19,5 aA | 18,0 aA | 11,25 aB |
| PB150 | 19,5 aA | 14,25 aB | 6,25 abC |
| PB50 | 17,5 aA | 14,75 aA | 7,0 abB |
| SI100 | 3,25 bA | 1,25 cA | 0,0 bA |
| SI150 | 8,0 bA | 1,75 cB | 0,25 bB |
| SI50 | 13,25 aA | 4,0 bcB | 0,25 bB |
| TEST | 16,0 aA | 13,75 aA | 13,0 aA |

¹ Letras minúsculas (médias verticais), letras maiúsculas (médias horizontais), analisadas pelo teste Tukey (p<0,0001).

² Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si ao nível de significância de 0,01% de probabilidade

Tabela 2. Análise estatística por análise de variância com medidas repetidas no tempo.

| ANOVA medidas repetidas no tempo | | |
|----------------------------------|-----------|----------|
| Tratamento | F = 40,1 | P<0,0001 |
| Tempo | F = 334,4 | P<0,0001 |
| Tratamento x Tempo | F = 8,1 | P<0,0001 |



Figura 8. Aderência do ácido monossilícico em insetos adultos de *Sitophilus zeamais*. (Fonte: Autor)

Ao décimo dia foi observada em todos os tratamentos a base de TD, que houve diferença estatística em relação às médias dos tratamentos. Houve diferença também nos tratamentos a base de PB, PB150 e PB100.

A terra diatomácea em dosagens maiores (2 kg t^{-1}) mostrou-se muito eficiente no controle, Jairoce et al., (2016), e Moraes et al. (2009) observou que a dose de $1,5 \text{ kg t}^{-1}$ de TD foi suficiente para matar todos os insetos. Corroborando com os resultados dos autores citados a dosagem mais efetiva no presente trabalho foi de TD150, sendo que a TD100 e TD50, apresentaram uma boa eficiência também, durante os 10 dias de exposição. A eficiência dos pós-inertes depende de muitos fatores como, por exemplo, umidade e temperatura dos grãos.

Em relação aos tratamentos e sua eficiência no tempo, (médias horizontais), a terra diatomácea se diferenciou estatisticamente das demais, a eficiência foi aumentando conforme o maior tempo de exposição ao produto. Dentre os tratamentos de pó de basalto somente PB150 se diferenciou, mostrando uma eficiência de controle de 52%. Os tratamentos SI se diferenciou a partir do sétimo dia, com quase 100% de mortalidade dos insetos observada.

De acordo com os resultados obtidos pela equação de Abbott (1925) (Figura 7), os tratamentos com ácido monossilícico mostrou a maior eficiência de controle em comparação com os outros tratamentos com valores de 100, 98 e 98% nas dosagens 100, 150 e 50%, respectivamente no final de 10 dias. Vale ressaltar que o tratamento TD150 (terra diatomácea a 150% da dose) também obteve uma eficiência de 98% em relação nos mesmos 10 dias. Os outros tratamentos como a terra diatomácea, TD100 e TD50, obtiveram eficiências relativamente satisfatórias de 83 e 75%. Os tratamentos com o pó de basalto PB150, PB100 e PB50 não obtiveram uma eficiência relativamente satisfatória em comparação com os demais produtos utilizados nos 10 dias de avaliação. Em Jairoce et al., (2016), mesmo utilizando uma dose maior (2 e 4 kg t⁻¹) os dados constam que em 9 dias o pó de basalto teve uma eficiência entre 28 e 65%, contudo após 29 dias de exposição o controle chegou em 81%, evidenciando que dias de exposição do inseto e granulometria é um fator muito importante aos pós inertes.

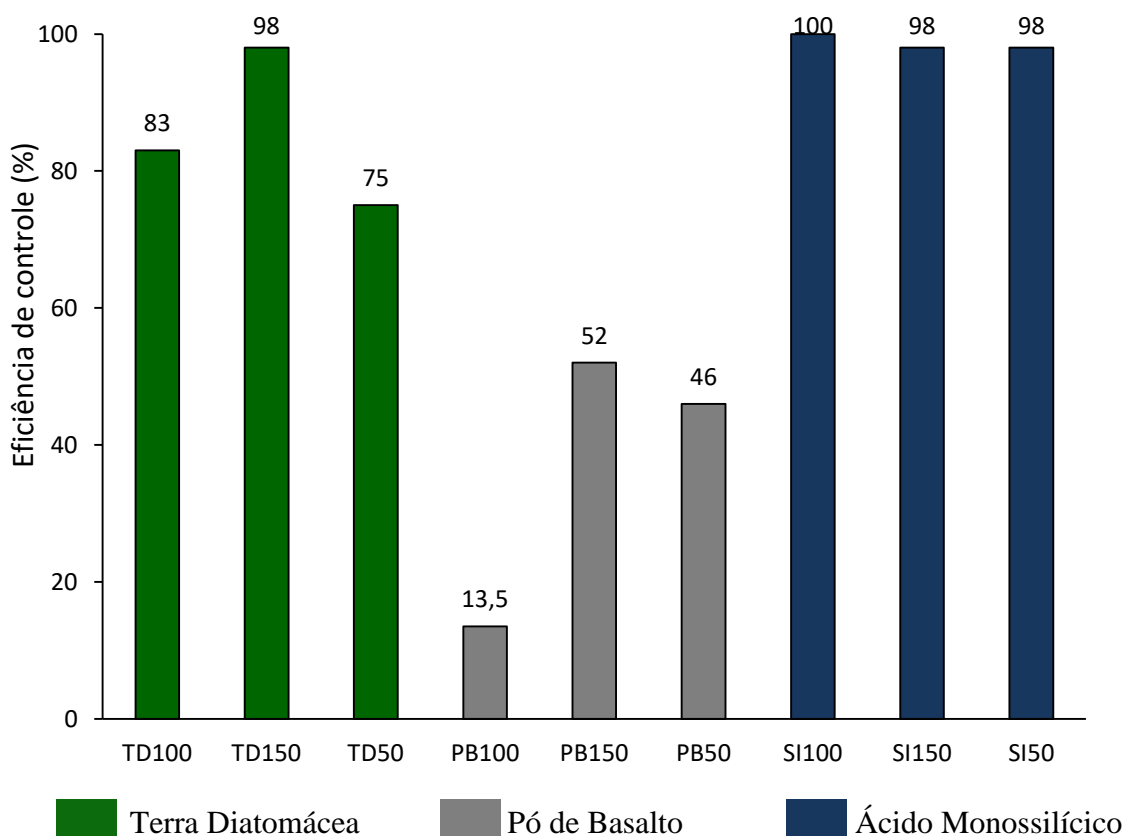


Figura 9. Eficiência de controle (%) de adultos de *S. zeamais* após 10 dias da exposição aos tratamentos.

6. CONCLUSÕES

- Os tratamentos a base de pó de basalto (PB), não mostrou uma eficiência satisfatória em relação aos outros produtos, e também não mostrou eficiência na mortalidade em relação ao tempo.
- Os tratamentos a base de terra diatomácea (TD) foram eficiente no controle de *S. zeamais*, porém TD100 e TD150 foram mais eficientes em relação ao tempo de exposição aos insetos.
- Todos os tratamentos a base de ácido monossilícico (SI) foram eficientes no controle de *S. zeamais*, em relação ao tempo de exposição, SI100 e SI150 se diferenciaram no tempo de 5 dias, se destacando dos demais tratamentos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267,1925.

ALDRYHIM, Y.M. Efficacy of amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Dew. and *Sitophilus granarius* L. (*Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae*). **Journal of Stored Products Research**. v. 26, p. 207-210, 1990.

ALEXANDER, P.; KITCHENER, J.A.; BRISCOE, H.V.A.. Inert dust insecticides. Part I,II and III. **Mechanism of action. Annual Applied Biology**. v.31, p.143-149, 1944.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; SILVA, L. X. Agricultura de precisão: inovação para a produção mundial de alimentos e otimização de insumos agrícolas. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 29, p. 146-161, 2017

BARAVIERA, C. M. C.; CANEPPELE, C.; DOURADO, L. G. A.; AGUERO, N. F. Avaliação de propriedades físicas de grãos de híbridos de milho. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.10, n.19, p. 291-297, 2014.

BARONI, G. D.; BENEDETI, P. H.; SEIDEL, D. J.. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, v. 14, n. 4, p. 55–64, 2017. Disponível em: Acesso em: 02 fev. 2019

BENHALIMA, H.; CHAUDHRY, M.Q.; MILLS, K.A.; PRICE, N.R. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. **Journal of Stored Products Research**, v.40, p.241-249, 2004.

BUCKLER, E.S.; STEVENS, N.M. Maize origins, domestication, and selection. **Darwin's harvest. New York: Columbia University Press**, 2005, p.67-90

CAMARGO CASELLA, T. L.; FARONI, L. R. D.; BERBERT, P. A.; CECON, P. R. Dióxido de carbono associado à fosfina no controle do gorgulho-do-milho(*Sitophilus zeamais*). **Revista Brasileira de Engenharia Rural e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 179-185, 1998.

CHIU, S.F. Toxicity studies of so-called "inert" materials with the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Journal of Economic Entomology**. v.32,p.240-248, 1939.

CONAB. Boletim Grãos Outubro 2019 - Completo – Brasília 2019.

COTTON, R. T.; WILBUR, D. A. INSECTS. IN: CHRISTENSEN, C. M. Storage of cereal grains and their products. **St. Paul, Minnesota, AACC**, 1974, p193-231.

EBELING W. Sorptive dusts for pest control. **Annual Review of Entomology**, v.16, p.123-158, 1971.

EVANS, D. E. The biology of stored products Coleoptera. In: Proc. Aust. Dev. Asst. **Course on Preservation of Stored Cereals**, 1981, p.149-185.

FARONI, L. R. D. A. Manejo das pragas dos grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.17, p.36-43, 1992.

GORDON BOOTH, R.; COX, M.L.; MADGE, R.B. IIE Guides to insects of importance to man 3. COLEOPTERA. London: C.A.B. International, 1990. 384p.

HAINES, C. P. (Ed.). Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification. 2. ed. Chatham, Kent: Natural Resources Institute, 1991. 246 p.

HILL, D. S. Pests of stored products and their control. Boca Raton: CRC Press, 1990. 273 p.

JAIROCE, CARLOS F. et al. Eficiência de pós minerais inertes no controle do gorgulho-dormilho. **Rev. bras. eng. incluir. ambiente.** , Campina Grande, v. 20, n. 2, p. 158-162, fevereiro de 2016.

JAYAS, D.S.; WHITE, N. D.G.; MUIR, W.E. 1995. Stored Grain Ecosystems. 1th ed. Marcel Dekker, Inc. New York, USA, 757p.

LAZZARI, F. A. Umidade, fungo e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações. **Epagri-Sede (Epagri-Sede)**, Curitiba, 1993. 134 p.

LAZZARI, F. A. Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações. Curitiba: Paraná set, 1997. 148 p.

LECATO, G. L.; FLAHERTY, B. R. Description of eggs of selected species of stored product insects. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 47, p. 308-317, 1974.

LOECK, A.E. 2002. Pragas de produtos armazenados. Pelotas, UFPEL, 113p.

LORINI; SILVA, A. M. da; ARMANI, A.; FINKLER, V. V.; BIRCK, N. M. M.; LORINI I. Redução de dosagem com uso da recirculação da fosfina na prática de expurgo. In: **CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE PÓS-COLHEITA**, 6., 2014, Maringá. Anais... Londrina: ABRAPÓS, 2014. p. 277-283

LORINI, I. Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2008. 72p.

LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; DALBELLO, O. Validação do pó inerte à base de terra de diatomáceas no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2001. 5 p.

LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra de diatomáceas. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2003. 4 p.

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. Eficiência de inseticidas no controle de *Rhizopertha dominica* e *sitophilus spp.* em grãos de trigo armazenado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, 17., 1994, Passo Fundo. Resumos... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. p. 30

LORINI, I.; SCHNEIDER, S. Pragas de Grãos Armazenados: resultados de pesquisa. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1994. 47p.

MANGELSDORF, P. C. Corn: its origin evolution and improvement. Cambridge: Harvard University, 1974. 262p.

MARSARO JUNIOR, A. L.; JUNIOR, M. M.; PAIVA, W. R. S. C.; BARRETO, H. C. S. Eficiência da terra de diatomácea no controle de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado. **Revista acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 27 – 32. Curitiba, PR, 2007.

MORAIS, M. B.; CRESPO, F. L. S.; DOS SANTOS, V. B.; FERRAZ, F. B.; SILVA, D. A. Uso de terra diatomácea como controle alternativo do *Oryzaephilus surinamensis* em milho armazenado. *Diversa*, v.2, p.1-9, 2009

MOUND, L. Common insect pests of stored food products. 7. ed. Londres: British Museum Natural History, 1989. 68 p. (Economic Series, 15).

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas, MG: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2006.

PEREIRA, P. R. V.; JUNIOR, A. R. P.; FURIATTI, A. R. Eficiência de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) em cevada armazenada. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.3, p. 65-71, jul./set. 2003.

PERMUAL, D.; LE PATOUREL, G. 1990. Laboratory evaluation of acid-activated kaolin to protect stored paddy against infestation by stored product insects. **Journal of Stored Products Research**. v.26,p.149-153, 1990.

PIPERNO, D.R.; FLANNERY, K.V. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.98, p.2.101-2.103, 2001.

PROCÓPIO, T. F. et al. Interferência do extrato aquoso de folhas de *Tradescantia spathacea* na fisiologia nutricional do gorgulho-do-milho, *Sitophilus zeamais*. **Revista Arrudea**, v. 1, n. 1, p. 023–027, 2015. Disponível em: . Acesso em: 31 jan. 2019.

SILVEIRA, R.D.; FARONI, L. R. D. A.; PIMENTAL, M. A. G.; ZOCCOLO, G. J. Influência da temperatura do grão de milho, no momento da pulverização, e do período de armazenamento, na mortalidade de *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*, pela mistura de bifenthrin e pirimifós-metil. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.31, p. 120-124, 2006.

STEFANELLO, Raquel et al. Physiological and sanitary qualities of maize landrace seeds stored under two conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 4, p. 339– 347, 2015. ISSN 1981-1829. Disponível em: . Acesso em: 02 fev. 2019.

SUBRAMANYAM, B.; ROESLI, R. Inert dusts. In: Subramanyam, B.; Hagstrum, D. W. (ed.), Alternatives to pesticides in stored-product IPM. Boston: **Kluwer Academic Publishers**, 2000. p.321-380.

TIMÓTEO, T. S.; MARCOS-FILHO, J. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, 2013. ISSN 2317-1537. Disponível em: . Acesso em: 02 fev. 2019.

WHITE, N.D.G.; LOSCHIAVO, S.R. Factors Affecting Survival of the Merchant Grain Beetle (*Coleoptera: Cuculidae*) and the Confused Flour Beetle (*Coleoptera: Tenebrionidae*) exposed to silica Aerogel. **Journal of Economic Entomology**. Lanham. v.82, n.3, p.960-969, 1989.

WRIGHT, E.J. A trapping method to evaluate efficacy of a structural treatment in empty silos. In Proceedings of the fifth International Working Conference on Stored-Products Protection - Bordeaux, France. September 9 – v.14, p.1455-1462, 1991.